

INOVAÇÕES NA AGRICULTURA

ELISEU ALVES

Introdução

O objetivo da introdução é apresentar uma discussão resumida de tópicos do trabalho.

Inovações relevantes na agricultura ocorrem na indústria de insumos e de processamento, no transporte e armazenamento da produção e dentro da porteira da fazenda. O trabalho concentra sua atenção no último aspecto, embora reconheça que a modernização da agricultura é consequência de amplo espectro de desenvolvimentos tecnológicos. A peculiaridade da fazenda se deve à presença dos recursos naturais, principalmente, da terra.

O fundamento de toda inovação tecnológica é que ela visa, principalmente, poupar os recursos que não são criados pelo homem, no nosso caso, terra e trabalho. A outra face da moeda é dizer que a inovação objetiva ampliar a capacidade de produção do recurso terra ou trabalho, ou de ambos. Se uma tecnologia dobra a produção de cada hectare é como se ela dobrasse a área do estabelecimento. Se uma tecnologia permite que cada trabalhador cultive o dobro da área que antes cultivava, é como se houvesse dobrado o número de trabalhadores.

Assim, há dois fatores naturais de produção: terra e trabalho ⁸. As inovações ampliam a capacidade de cada um deles ou de ambos. Simbolicamente, quando L representa a quantidade de trabalho e T a de terra, a representação é a seguinte:

$$L = h(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

$$T = g(z_1, z_2, \dots, z_n) \quad (2)$$

Por essa representação, a função h transforma o vetor x de insumos, que cristalizam as tecnologias relevantes, em quantidade de trabalho, e a função g transforma z em quantidade de terra. Numa outra interpretação, essas duas funções agregam os vetores x e z , respectivamente, em L e T . Note-se que L e T não são observáveis. Ter-se-ia que corrigir os valores observáveis, o que é complicado, para se obterem os valores a que (1) e (2) se referem.¹

O vetor de insumos x comporta os insumos que aumentam a área que cada trabalhador cultiva, de natureza mecânica, quase sempre; já o vetor z cristaliza os insumos que poupam terra, de natureza bioquímica, na maioria dos casos. Note-se que admitimos que tecnologia esteja cristalizada em x e z . Isso significa que toda nova tecnologia corresponde a um novo insumo ou a uma nova regra de como usar um insumo conhecido. Mas essa visão será discutida em oposição àquela que admite que nem toda a tecnologia esteja cristalizada nos insumos.

$$y = f(g(z), h(x)) \quad (3)$$

A representação (3) consubstancia a idéia de que todo insumo (e as tecnologias se cristalizam nos insumos) tem como objetivo aumentar a produção da terra ou do trabalho. Se considerarmos $g(\cdot)$ e $h(\cdot)$ como funções fixas, a função $f(\cdot)$ é definida no espaço que contém os vetores x e z . A única novidade é que a função $f(\cdot)$ é função composta de $g(\cdot)$ e $h(\cdot)$. Não há dificuldade adicional em calcular, por exemplo, a renda líquida máxima. Mas se deixarmos $g(\cdot)$ e $h(\cdot)$ variarem, então $f(\cdot)$ está definida no espaço de funções. Para fins de operacionalizar máximos e mínimos, teríamos que mais bem especificar o espaço em que $g(\cdot)$ e $h(\cdot)$ estão definidas. O agricultor teria que fazer escolha ótima de $g(\cdot)$ e $h(\cdot)$ e da respectiva combinação ótima de insumos. Mas deixaremos de lado esse interessante tópico.

Se pensarmos ser possível encontrar as funções $h(\cdot)$ e $g(\cdot)$ e os respectivos insumos que prevalecerão no longo prazo, então $f(\cdot)$ é meta função de produção, um conceito que foi popular na década de 1970, em conexão com a hipótese da inovação induzida (Hayami & Ruttan, 1971). Do ponto de vista operacional ou econométrico, é muito complicado resolver-se es-

¹ Não especificaremos $g(\cdot)$ e $h(\cdot)$, mas são funções crescentes e de contradomínio em R_+ .

se problema. Por isso, o conceito teve vida curta. Se formos capazes de especificar para o longo prazo $f(\cdot)$, $g(\cdot)$ e $h(\cdot)$, pergunta Kenneth Arrow, no contexto de desenvolvimento tecnológico endógeno: por que não gerar imediatamente a tecnologia correspondente? (Silverberg & Soete, 1994).

No caso da pesquisa particular, não é complicado entender as motivações para a escolha de prioridades de pesquisa em conexão com a maximização da renda líquida ou, melhor ainda, redução de custo, qual seja, aumentar a produtividade do fator que está ficando relativamente mais caro. Ou seja, poupar terra, se essa ficou mais cara que o trabalho, e vice-versa. No caso da pesquisa pública, a ênfase em $g(\cdot)$ ou $h(\cdot)$ é mais complicada. Em parte, esse foi o problema que Hayami & Ruttan procuraram resolver. Os dois autores, em outras palavras, tornaram a tecnologia endógena ao modelo, sem o especificar rigorosamente. Os modelos recentes de crescimento econômico e mudança tecnológica representam um esforço na direção de, rigorosamente, modelar o desenvolvimento tecnológico endógeno, (Silverberg & Soete, 1994). Não os discutiremos, contudo.

A ênfase em $h(\cdot)$ ou $g(\cdot)$ tem muito a ver com o impacto da tecnologia sobre o emprego e sobre a produtividade da terra. Outra questão importante é a difusão de tecnologia. Ou seja, como tornar $f(\cdot)$, $g(\cdot)$ e $h(\cdot)$ e os respectivos insumos conhecidos dos agricultores e como financiar a compra de tecnologia. Ainda, é neutra, em relação ao tamanho do estabelecimento, a tecnologia gerada pelo poder público?

Já apresentamos dois tipos de tecnologias: poupa-terra e poupa-trabalho. Ainda no contexto da porteira há a tecnologia organizacional, que procura aumentar a eficiência de todos os insumos, não se cristalizando em nenhum deles. Fora da porteira, a tecnologia objetiva poupar produto.² Assim é a tecnologia de transportes, de processamento de alimentos e de armazenamento. Há ainda as inovações que têm como finalidade criar novos insumos ou produtos, que são pertinentes às indústrias de insumos e àquelas que processam os alimentos.

A tecnologia organizacional freqüentemente não se cristaliza em insumos como terra e trabalho. Para levar-se em conta esse fato, é preciso re-

² A tecnologia poupa-produto tem o poder de aumentar a oferta de produtos da agricultura.

formular a função de produção (3). Uma maneira muito simples de fazer isso é introduzir a variável t , definida nos números reais não negativos, como uma *proxi* de tecnologia.

$$y = f(g(z), h(x), t) \quad (4)$$

A endogeneidade da tecnologia: o modelo Hayami-Ruttan

A questão é saber como os sinais do mercado se transformam em tecnologias que dão uma resposta aos mesmos. Para respondê-la, restringe-se às tecnologias que poupam terra ou trabalho. Assim, deixamos de lado as tecnologias que poupam produto, criam produtos novos e a tecnologia organizacional.

Os dois grupos de tecnologias se cristalizam, cada uma delas, numa miríade de insumos. O problema que se apresenta imediatamente é ter uma medida unidimensional que descreva bem essa complexidade.

De início, admite-se que $g(\cdot)$ e $h(\cdot)$ são funções fixas, e, de uma certa forma, dizem respeito ao longo prazo, e que a tecnologia se cristaliza em insumos que poupam terra ou trabalho. Sendo fixas $g(\cdot)$ e $h(\cdot)$, representa-se a função de produção por $y = f(T, L)$, com o entendimento que T e L sejam influenciados pelos insumos que procuram ampliá-los.

Procura-se captar o efeito dos insumos, e aí estão as medidas unidimensionais nas produtividades da terra e do trabalho. A identidade abaixo é a base da decomposição que se fará. E y representa a produção; y/T é produtividade da terra; T/L é produtividade do trabalho, medida pela área que cada trabalhador se responsabiliza; e, finalmente, L e T já foram definidos. Assim, medem-se os impactos das tecnologias poupa-terra e poupa-trabalho por duas medidas unidimensionais, e observáveis empiricamente, como se verá.

$$y \equiv \frac{y}{T} * \frac{T}{L} * L \quad (5)$$

É usual reescrever (5) da seguinte forma, em que o membro da esquerda é a produtividade do trabalho em termos da produção por trabalha-

dor. Essa produtividade corresponde à produtividade média do trabalho, e no ponto da renda líquida máxima, ela se iguala ao salário, sendo, por isto, muito usada. Note-se que $\frac{y}{L}$ depende tanto de tecnologias mecânicas como bioquímicas.

$$\frac{y}{L} \equiv \frac{y}{T} * \frac{T}{L} \quad (6)$$

A dinâmica é introduzida pelas taxas de crescimentos dos três membros de (6), além de se identificar as tecnologias responsáveis pelo incremento dos dois membros da direita de (6). As tecnologias bioquímicas causam o crescimento de y/T , a produtividade da terra, e as mecânicas induzem o aumento da produtividade do trabalho, expressa pela área que cada trabalhador cultiva, T/L . Em termos de taxas de crescimento, num intervalo pequeno, toma-se o logaritmo de (6), como se cada membro fosse uma variável, e deriva-se o resultado em relação a t , interpretado como tempo, e, assim, obtém-se (7). E (y/T) é a derivada de y/T em relação ao tempo. Por isso, o membro da esquerda de (7) representa o crescimento da produtividade do trabalho. O primeiro membro da direita é o crescimento da produtividade da terra e o segundo membro é o crescimento da produtividade da área que cada trabalhador cultiva.³

$$\frac{(y/L)}{y/L} \equiv \frac{(y/T)}{y/T} + \frac{(T/L)}{T/L} \quad (7)$$

Como se enuncia a hipótese da inovação induzida quando restrita à terra P_L/P_T e ao trabalho?

Se o preço relativo do trabalho em relação ao da terra cresce continuamente, espera-se que as tecnologias poupadoras de trabalho sejam geradas. Como consequência, se observará o crescimento da produtividade do trabalho. No caso inverso, as tecnologias poupadoras de terra se evidenciam.

³ É possível aplicar (7), por exemplo, à década. Então, $r_P = r_T + r_L * r_L$. Em que r é a respectiva taxa anual de crescimento, referente à década.

ção, e a produtividade da terra incrementará. As evidências foram fornecidas por Hayami-Ruttan para dois casos polares. No caso dos Estados Unidos, o salário rural cresceu mais que o aluguel de terra, e, no período analisado, a ênfase se deu na geração de tecnologia mecânica, dando origem a um crescimento acentuado da produtividade do trabalho relativo à da terra. No Japão, o inverso ocorreu (Hayami & Ruttan, 1985). Há confusão na aplicação da teoria. Recursos naturais abundantes não implicam necessariamente que o salário cresça continuamente em relação ao aluguel da terra. Com a exaustão da fronteira americana e a industrialização do Japão, os salários relativos referidos não têm mais tendência nítida, e, em tempos mais recentes, a produtividade da terra e a do trabalho crescem juntas.

É fácil entender-se como os sinais de mercado chegam à pesquisa particular. A demanda de máquina e equipamento induz o crescimento da indústria respectiva e o seu direcionamento para máquinas e equipamentos com poder, cada vez maior, de substituir trabalho. Quando os aluguéis da terra crescem, surge na indústria a demanda de insumos que aumentem a produtividade da terra, como fertilizantes, defensivos e sementes e animais melhorados.

Mas, parte importante da tecnologia que poupa terra é gerada pela pesquisa pública. Como, então, os pesquisadores das universidades e institutos de pesquisa são influenciados pelo mercado?

A hipótese da inovação induzida se valeu de um mecanismo dialético. Na teoria econômica, o leiloeiro de Walras (1954) é um mecanismo que explica como o equilíbrio competitivo é obtido. Há duas etapas no mecanismo. Em primeiro lugar, a subida do aluguel da terra cria a necessidade para os agricultores de aumentar sua produtividade para fazer face ao encarecimento do aluguel. Eles, individualmente, não têm condições de realizar pesquisa, por isso interagem com as instituições públicas, estimulando os pesquisadores a gerarem tecnologias que aumentem a produtividade da terra. Nessa interação, está o mecanismo dialético de Hayami-Ruttan. Com o aperfeiçoamento das leis de patentes, a iniciativa particular ampliou os investimentos em tecnologias relevantes ao incremento da produtividade da terra: a montante, na indústria de fertilizantes, defensivos, sementes e genética de animal; dentro da porteira, em agricultura de precisão e plantio direto etc.

O mecanismo dialético descrito tornou claro aos formuladores da estratégia de pesquisa da Embrapa, na década de 1970, que o modelo deveria acomodar centros de pesquisa que facilitassem os agricultores e o agro-negócio, em geral, desenvolverem forte interação com os pesquisadores. Por isso, optou-se por centros que refletissem a organização da produção, especializados em produtos e no desenvolvimento de recursos. Os produtores de soja, por exemplo, sabem onde estão os pesquisadores dessa lavoura. O mesmo ocorre com milho e sorgo, arroz e feijão, algodão, gado de leite, gado de corte etc. Quanto aos recursos, destacam-se o cerrado, o trópico semi-árido, o trópico úmido e as terras baixas.

O modelo Hayami-Ruttan fugiu do problema de construir uma medida complexa que refletisse as tecnologias criadas. Ligou o desenvolvimento tecnológico ao mercado, via preço do trabalho em relação ao do aluguel de terra. Mostrou como a evolução de P_L/P_T gera tecnologias que poupam terra ou trabalho. Pelo mecanismo dialético, indicou como o mercado exerce pressão sobre os pesquisadores para escolher as prioridades de pesquisa. Ou seja, esse mecanismo leva os pesquisadores a considerarem, na escolha de prioridades, a evolução de P_L/P_T . O modelo representou um grande progresso para explicar o viés da pesquisa em favor de tecnologias que poupam trabalho ou, então, terra. É original em aplicar a teoria da inovação induzida à agricultura. Deu origem a uma vasta literatura, que não vamos revisar. Uma extensão dela foi feita por De Janvry (1973), quando estudou a Argentina. Ao lado da hipótese de Schultz, pela qual os pequenos agricultores são eficientes e, portanto, a realocação de recursos em nível de estabelecimento não traz desenvolvimento, a hipótese da inovação induzida dominou o pensamento desenvolvimentista da agricultura na segunda metade do século XX. A recomendação de Schultz é investimento em ciência e educação para criar novas tecnologias e alimentar a máquina do progresso (Schultz, 1975). Tanto Schultz como Hayami-Ruttan recomendam investimentos em ciência e tecnologia para o desenvolvimento da agricultura, mas o modelo Hayami-Ruttan foi muito mais longe ao explicar o viés tecnológico e, ainda, teve forte impacto na reorganização da pesquisa e no entendimento da gênese das prioridades de pesquisa.

Os dados dos Estados Unidos, nos quais os dois autores basearam a análise, foram revisados. E as novas evidências não favoreceram a explicação dada de por que, naquele país, a pesquisa optou, no período analisado, por tecnologias poupa-trabalho (Olmstead & Rhode, 1993). Não significam as evidências que a hipótese da inovação induzida tenha sido rejeitada, mas sim que a tecnologia poupa-trabalho tenha sido gerada por outros motivos que a variação de P_L/P_T .

Como formulado por Hayami-Ruttan, o viés depende da variação de P_L/P_T . E se essa relação não apresentar uma tendência definida, ou, ainda, se a variação for pequena? Certamente, a hipótese perde poder de explicação. Num mundo competitivo, a pressão dos agricultores é pela redução de custos, e não precisa ser direcionada a nenhum fator em especial, a não ser que variação continuada de P_L/P_T fuja a intervalos toleráveis. Ainda mais que na maioria dos casos, as tecnologias não são tão específicas. Acabam poupando os dois fatores, como os herbicidas e as plantadeiras de alta precisão. Mesmo as colheitadeiras modernas, de alto poder de eliminar postos de trabalho, permitem um melhor aproveitamento da terra. Assim, nos países que esgotaram a fronteira agrícola economicamente factível, nos quais P_L/P_T não apresenta uma tendência bem definida ou varia pouco, a hipótese de Hayami-Ruttan perdeu seu charme. Ela pertence à história econômica como uma criação importante e genial, mas menos relevante nos dias que correm, em que há muitos fatores que aumentam a demanda por inovações, simultaneamente agindo sobre a terra e o trabalho.

A decomposição, que a identidade (7) representa, tem sido amplamente usada na literatura, principalmente naquela interessada em medir o desenvolvimento tecnológico. São indicadas três referências: uma da década de 1970 (Pastore et al., 1976) e duas recentes (Vicente et al., 2003) e (Gasques et al., 2004).

Tecnologia cristalizada

Uma corrente de economistas admite que a tecnologia esteja cristalizada nos insumos. Assim, uma tecnologia é nova quando implica um novo insumo ou nova regra de como usar um insumo antigo. O insumo antigo com a nova

regra é considerado como se fosse um novo insumo. Por essa visão, a variação da quantidade usada de insumos esgota a variação do produto, desde que se introduzam os novos insumos, como se definiu e se corrijam os antigos.

Em estudos empíricos, trabalha-se com um número restrito de insumos, muitas vezes apenas dois, como trabalho e capital. A complexidade surge em se corrigir o capital e o trabalho para considerarem-se as inovações ocorridas. No caso do capital, aquelas que o tornam mais produtivo. No caso do trabalho, fatores como saúde, educação e treinamento. O que se objetiva fazer é obter uma série de dados comparáveis, de tal modo que uma unidade de capital de 1950 seja igual a uma unidade de capital de 2004. O leitor pode imaginar o quanto isso é complicado. Essa foi a empreitada a que se dedicaram, por alguns anos, Jorgenson e Griliches (Jorgenson & Griliches, 1967; Jorgenson, 1995). Os estudos liderados por esses dois economistas explicaram a maior parte da variação do produto de economias como as dos Estados Unidos e Japão. O resíduo não explicado é muito pequeno.

A posição de Denison, e ele e Jorgenson mantiveram uma controvérsia importante na década de 1960, é que nem tudo está cristalizado nos insumos e que o resíduo não explicado pela variação dos insumos é importante. Denison (1964) não considera importante a hipótese da cristalização nos insumos. Mas Jorgenson mostrou que, empiricamente, não há como testar uma hipótese contra outra. Ou seja, para cada taxa de crescimento em termos de tecnologia cristalizada corresponde uma taxa de crescimento de tecnologia não cristalizada e vice-versa. Uma explicação resumida está em Alves (2004).

Considerando-se dois insumos, em que K representa capital e L trabalho, e dois produtos, em que C corresponde ao bem de consumo e I ao bem de investimento, define-se a produtividade total dos fatores, P , por:

$$P = \frac{p_C C + p_I I}{\pi_K K + \pi_L L}$$

Derivando-se P em relação ao tempo, e S representa as respectivas participações no valor total do produto ($p_C C + p_I I$) e no dispêndio com insumos ($\pi_K K + \pi_L L$), virá:

$$\frac{P}{P} = (S_I^P \frac{I}{I} + S_C^P \frac{C}{C}) - (S_K^{in} \frac{K}{K} + S_L^{in} \frac{L}{L})$$

Note que $(\frac{P}{P})$ é o crescimento da produtividade total. No âmbito da hipótese da tecnologia cristalizada tem-se $(\frac{P}{P})$, que significa que o crescimento do produto, primeiro parêntese da direita, é igual ao crescimento do dispêndio em insumos, segundo parêntese da direita. Se a tecnologia não for cristalizada, sobrarão um resíduo, $\frac{P}{P} = 0$, que é atribuído à tecnologia não cristalizada, por exemplo, aquela que desloca o gráfico da função de produção para cima. Mas observe-se que nem toda tecnologia não-cristalizada desloca o gráfico da função de produção para cima. O deslocamento somente ocorre se e somente se a função de produção puder se representar como abaixo, e $A(t) > 0$ é uma função não negativa de t .

$$y = A(t) f(K, L)$$

O atrativo da hipótese da tecnologia cristalizada reside no fato de que a adoção de uma inovação implica em custo, porque o novo insumo terá que ser adquirido. Ela tem implicações importantes, como:

- Nos estudos que visam explicar as taxas de crescimento, sejam aquelas da decomposição estudada por Haymi-Ruttan em (7), é importante, além de se ter em mente o grupo de insumos associados a cada parcela as quais se referem às tecnologias bioquímicas e mecânicas, considerar os fatores que podem aperfeiçoar a medida de cada insumo. Assim, o nível de educação associa-se a trabalho, nível de fertilidade e irrigação à terra etc. Assim, a escolha das variáveis independentes dos modelos de regressão deve levar em conta como elas se relacionam com as correções que serão feitas para ter a série de dados numa base comparável.
- Como a pesquisa pública não comercializa insumos, o resíduo, $\frac{P}{P}$, não lhe pode ser totalmente atribuído. É costume regredir $\frac{P}{P}$ no orçamento da pesquisa e outras variáveis exógenas. Pela hipótese da tecnologia cristalizada este resíduo é nulo. O que se faz é, assim, regredir um erro de medida sobre o investimento em pesquisa, o que não é correto. Diga-

mos que se tenha uma regressão múltipla, e o montante de crédito seja uma das variáveis independentes. Ora, o crédito é usado para comprar insumos, os quais entram na definição de $\frac{P}{P}$. Se um desses insumos, fertilizantes por exemplo, entra na regressão, junto com o montante de crédito, fica difícil separar os efeitos, e, por isso, interpretar os resultados. Pode mesmo ocorrer que o coeficiente da variável crédito não seja, estatisticamente, diferente de zero, devido a uma especificação incorreta.

Tecnologia para agricultura familiar

A questão que se coloca é que a tecnologia gerada se cristaliza em insumos que grande parte da agricultura familiar e dos assentados da reforma agrária não tem condições de assimilar, em função de nível educacional insuficiente para compreender e decodificar as instruções que se atrelam às inovações e de falta de capacidade financeira para realizar os investimentos necessários.⁴ Por isso, deseja-se reformular a pesquisa pública, de modo que contemple também as supostas necessidades da agricultura familiar, que se supõe específicas. Na realidade, se deseja que a tecnologia se cristalize em insumos que se ajustam aos limites da compreensão do agricultor e de sua capacidade de investir.

Esse pensamento tem curso nas lideranças técnicas da agricultura familiar, em alguns setores da pesquisa, em lideranças da política partidária e nas lideranças dos movimentos sociais.

Uma pergunta merece ser considerada, logo de início. Devemos eternizar a dualidade existente na agricultura brasileira, em que a agricultura comercial tem acesso às tecnologias de ampla capacidade de resposta a investimentos e a recursos para financiá-la, e a agricultura familiar fica restrita a inovações de capacidade de resposta bem mais baixa? É correta a situação em que a agricultura comercial produz enormes excedentes, que ganham o mercado externo e o interno, e a agricultura familiar, além de auto-abastecer-se, produz excedentes pequenos, que tornam a renda familiar insuficiente?⁵

⁴ Vamos juntar assentados da reforma agrária e agricultura familiar num único grupo. Referir-se-á tão-somente à agricultura familiar.

⁵ Agricultura comercial é o que não é agricultura familiar.

Essa dualidade não tem condições de perdurar no longo prazo, embora o governo pense o contrário, ao resignar ter dois ministérios, o que cuida da agricultura familiar e o que se responsabiliza pela agricultura de grande capacidade de produção, erroneamente igualada à agricultura comercial ou ao agronegócio. A utopia de destruir o agronegócio,⁶ e, assim, eliminar a dualidade, remonta ao período do muro de Berlim, e a não ser nas entrevistas e escritos de radicais, ninguém fala mais dela. A eliminação da dualidade advirá da capacitação dos agricultores familiares e de se lhes dar condições de igualdade de competição, inclusive está em ajudá-los a usar as tecnologias de grande capacidade de resposta aos investimentos feitos.

É importante ter em vista que o Brasil é um país industrializado e urbanizado. A tecnologia da agricultura familiar tem que dar à família capacidade de produção de excedente que remunere o seu trabalho, competitivamente, em relação às opções da cidade e em linha com suas aspirações, as quais crescem rapidamente com o grau de instrução. Caso isso não ocorra, é fácil perceber que os agricultores familiares vão se colocar em conflito com as lideranças e com o governo, em busca de igualdade de direito, em relação à agricultura comercial. Ainda, o que é indesejável, muitos agricultores familiares fecharão seus estabelecimentos, alugando ou vendendo-os, e mudando-se para a cidade.

A aritmética é muito simples. Excedente líquido (valor da produção vendida-despesas) por hectare *vezes* número de hectares explorados é igual ao *excedente monetário* que família produz. Como a agricultura familiar explora área pequena, muito difícil de ser ampliada, a única avenida disponível para aumentar o excedente é usar tecnologias que tenham elevada capacidade e jamais aquelas de pequeno poder de resposta. É preciso compreender que é o excedente monetário que permite a família interagir com o mundo de fora da porteira, na educação dos filhos, na compra de serviços médicos e odontológicos, em viagens, na ampliação da capacidade de tomar crédito, na quitação de compromissos, no acesso à tecnologia sofisticada etc. Enfim, é o excedente monetário que torna a família cidadã, pelo próprio esforço. Existe outro meio para a família obter a cidadania duradoura e de ter orgulho de ser agricultora?

6 A agricultura familiar é parte do agronegócio e é comercial.

A agricultura familiar disputa mercado com a comercial. E tem que disputar mercado nas dimensões interna e externa, sem o que perde oportunidades de renda. Os mercados de elevado poder de compra, os que mais bem pagam, são muito exigentes em qualidade, e máquinas e equipamentos adequados são indispensáveis ao atendimento destas exigências. Como a agricultura comercial é muito dinâmica, ela ocupa rapidamente os melhores espaços de comércio aqui e alhures. Assim, a opção por tecnologias simples vai comprometer severamente o futuro da agricultura familiar, na medida em que irá perdendo as opções lucrativas de mercado para a agricultura comercial.

A tecnologia que gera excedentes de vulto é um conjunto complexo de operações. No caso de grãos, exige densidade correta por hectare, sementes que respondem a fertilizantes, plantio direto na época certa, colheita e armazenamentos competentes. As operações podem ser feitas manualmente ou por máquinas simples, mas longe de se ter a mesma precisão e a eficiência das máquinas modernas. Com métodos manuais, uma família não cultiva mais de três hectares.

Noutra dimensão de complexidade, o mesmo ocorre na produção de aves, suínos, leite, gado de corte, ovinos, caprinos, hortaliças e frutas. Sem máquinas e equipamentos compatíveis com a agricultura de precisão, a tecnologia bioquímica, aquela tem a capacidade de aumentar o excedente por hectare, perde muito de sua eficiência.⁷ Então, é correto privar o agricultor familiar dos benefícios de máquinas e equipamentos modernos?

O que impede que a agricultura familiar adote a tecnologia que gera excedentes de vulto? Realçam-se, como obstáculos, o nível baixo de instrução do agricultor familiar, o que é verdade no Nordeste, Região Norte e em bolsões das três regiões sulinas, e a baixa capacidade de endividamento.

O baixo nível de instrução tem que ser contornado pela extensão rural pública e por arranjos desta com a extensão particular. E será eliminado por investimentos em educação. Os arranjos da extensão pública com a privada têm que ser mais bem estudados, com a mente livre de ideologias contra o mercado. Não se implica, com isso, que se deva eliminar a extensão

⁷ Agricultura de precisão é usada no sentido de que as operações sejam cuidadosamente feitas com a maior precisão possível. Não se refere à tecnologia específica, de mesmo nome.

pública, mas sim especializá-la na agricultura familiar, e abri-la para contratos com a iniciativa particular, não para reduzir os investimentos públicos, mas para torná-los, socialmente, ainda mais rentáveis.

O baixo nível de endividamento em relação ao custeio pode ser facilmente resolvido, reformulando-se as restrições do crédito do governo. Em relação ao investimento, não é fácil resolver, em muitos casos, os problemas causados pelo baixo nível de endividamento. Muitas benfeitorias, máquinas e equipamentos não serão, otimamente, utilizados pelo produtor familiar, como o indivíduo. Cooperativas e associações, e para elas bem operarem nesse aspecto é necessário crédito rural especializado, podem ser uma solução. Há, nesse respeito, alguns casos de sucessos na Região Sul, mais raros no Sudeste, e o Nordeste e a Região Norte oferecem muitas resistências ao avanço desta idéia. Outro óbice ao acesso da agricultura a mais terra, às benfeitorias, máquinas e equipamentos da agricultura de precisão está relacionado ao não-desenvolvimento do mercado de leasing e aluguel de máquinas, equipamentos e de aluguel de terra. Muito há que caminhar em aspectos legais e de operação. A solução desses problemas atende a todo mundo, não esbarra em acordos internacionais, e os investimentos feitos têm elevada taxa de retorno.

Os agricultores familiares que se libertaram das restrições usam tecnologias que se rivalizam com as mais sofisticadas em uso. Assim, não é a tecnologia que discrimina o agricultor, mas sim o mercado. Temos que entender que o agricultor familiar escolhe a tecnologia, considerando as restrições das quais não pode se evadir. Quem não usa calcário, semente melhorada e fertilizante é porque desconhece a lucratividade dessas práticas, não tem recursos para comprar esses insumos, ou eles não estão à venda num raio razoável do estabelecimento. O agricultor familiar, ou qualquer outro, escolhe a tecnologia que lhe é mais conveniente. Se deixar de escolher uma tecnologia lucrativa é porque a desconhece ou porque enfrenta restrições que não pode contornar.

Aceitando-se a hipótese da irremovibilidade das restrições, pode-se falar num conjunto específico de tecnologias para a agricultura familiar. Mas esse conjunto é uma segunda escolha, de menor poder para o desenvolvimento socioeconômico do agricultor e sua família. É conveniente para agri-

cultura comercial na disputa dos mercados interno e internacional. Assim, o caminho ótimo da política agrícola passa pela remoção das restrições.

Compreende-se, assim, que o restringir a pesquisa pública a desenvolver tecnologias simples e apropriadas à agricultura familiar não é o caminho correto, embora do gosto de muitos que gravitam em torno da questão agrária. Esse caminho perenizará a dualidade da agricultura brasileira e a pobreza da agricultura familiar, além de produzir a ruptura dos agricultores familiares com as instituições de pesquisa do governo. O caminho indicado pela sabedoria é identificar as restrições, a maioria delas do mercado, e eliminá-las.

Tecnologia e emprego

Sobre o efeito da tecnologia no emprego, é importante pôr em relevo dois aspectos. A tecnologia mecânica tem seu efeito marcante sobre os trabalhadores assalariados. A agricultura familiar se mecaniza se o tamanho da família for insuficiente para realizar as tarefas necessárias ou porque as máquinas não podem ser substituídas pelo trabalho braçal. A redução dos sacrifícios do trabalho braçal é também considerada, até para gerar tempo disponível a outras atividades, muitas delas até fora da fazenda. Diretamente, a tecnologia mecânica elimina empregos assalariados. O efeito sobre a mão-de-obra familiar é muito menos importante. A família não substitui seus membros por máquinas para deixá-los desempregados ou forçá-los a migrar. Quando a substituição é feita é para o bem-estar de todos.

O efeito da tecnologia bioquímica é via mercado. Diretamente essa classe tecnologia não elimina empregos. Pode até ajudar a criá-los, como foi a tecnologia que permitiu a agricultura a se expandir nos cerrados. Contudo, o efeito indireto é muito forte. E é tanto mais forte quanto menores forem as taxas de crescimento da demanda. Essa classe de tecnologia tem a capacidade de aumentar a produção, por unidade de área ou de animal, a taxas muito mais elevadas que o crescimento da demanda. Em consequência, os preços dos produtos agrícolas caem, decresce remuneração que o setor pode oferecer ao trabalho assalariado e à mão-de-obra familiar até o ponto em que o mercado urbano passa ser mais atrativo e a família decide

migrar. O efeito maior da tecnologia bioquímica é na eliminação de estabelecimentos e nem tanto sobre a mão-de-obra assalariada.

Por que não se estabelecem mecanismos de mercado que freiam a expansão das tecnologias bioquímica e mecânica, na medida em que a rentabilidade da agricultura cai?

É óbvio que esses mecanismos existem. Caso contrário, toda a agricultura brasileira teria se modernizado. A queda dos retornos dos investimentos nas atividades da agropecuária reduz novos investimentos e freia, assim, a difusão das tecnologias que estimulam a produção. Mas os salários implícitos ou explícitos também são reduzidos e, por isso, perdem poder de competição com o meio urbano. Assim, a redução da intensidade de difusão da tecnologia, em consequência da queda dos retornos, não representa uma garantia de que a destruição de empregos não continue ocorrendo.

Depois de estabelecida a agricultura e estabilizada a fronteira agrícola, a não-reposição do que foi extraído dos solos compromete a produtividade da agricultura nos anos subseqüentes. A agricultura que está à margem da utilização de insumos modernos, como fertilizantes e calcário, está condenada ter sua produtividade em declínio ou estagnada e, assim, não terá condições de oferecer empregos duradouros à família e aos trabalhadores. Em conjunto com a decisão de investir em fertilizantes, agregam-se sementes de elevada capacidade de resposta, em suma, um conjunto de tecnologias que têm notável efeito sobre o incremento da produção. A isso, somam-se as importações que, por sua vez, exigem eficiência da agricultura, e, dificilmente, a demanda agregada crescerá a taxas compatíveis com a oferta. E o mecanismo de mercado já descrito entra em ação.

As tecnologias do tipo organizacional recebem atenção crescente dos produtores rurais. Certamente, entre outras coisas, objetivarão aumentar a eficiência do trabalho e, indiretamente, contribuirão para a destruição de empregos.

As classes de tecnologia foram analisadas separadamente. Mas quem mecaniza adota simultaneamente as tecnologias bioquímicas e organizacionais. As tecnologias bioquímicas e organizacionais podem prescindir de uma mecanização mais intensa. Mas máquinas e equipamentos são necessários para certas operações, como aração, gradagem e distribuição de calcá-

rio. Realizam também com maior precisão que o trabalho manual várias operações. Por isso, a simultaneidade dos efeitos das classes de tecnologia não pode ser ignorada.

Um outro efeito da abertura para o mercado externo é o acesso às máquinas e equipamentos de muito maior poder de eliminar empregos, principalmente, na fase de colheita.

O estímulo ao crescimento da demanda representa o melhor caminho para reduzir os efeitos negativos da tecnologia sobre o emprego. A legislação que complica a administração dos trabalhadores e encarece o custo da mão-de-obra tem enorme efeito no desenvolvimento da mecanização. Os conflitos entre trabalhadores e agricultores exacerbam a natural desconfiança que existe entre as partes, apressando, assim, a mecanização da agricultura. Os agricultores, por razões econômicas, substituem trabalhadores por máquinas; por temor, reduzem o número de trabalhadores, porque em cada um deles vêem um potencial invasor.

Difusão de tecnologia

Qualquer que seja a verbalização, a definição de tecnologia envolve um grupo de insumos (x) que produz um grupo de produtos (y) e as regras de como combinar os insumos para obter a produção (r). As regras estabelecem, inclusive, as quantidades de insumos que devem ser usadas para obter determinada produção. Simbolicamente, cada tecnologia pode ser representada por (x,y,r) , em que x são os insumos (um vetor), y (um vetor) os produtos que x produz e, finalmente, r as regras de como combinar os insumos.⁸ As regras podem conter a receita de produção, informações de mercado pertinentes, contra-indicações etc. Na definição de uma nova tecnologia, não entram quantidades. Assim (x,y,r) representa os tipos de insumos (x), necessários para produzir os produtos (y), observadas as regras (r). No linguajar em voga, (x,y,r) é um sistema de produção.

Seja Y o conjunto que contém todas as tecnologias conhecidas, no dia de hoje, em nível de produtor e de instituição de pesquisa, no Brasil e

⁸ Vetor significa a lista de insumos ou produtos, tendo todos os detalhes necessários.

no exterior. Um elemento de Y é dado por (x,y,r) . Podemos restringir Y para um produto dentro de uma região, criando subconjuntos de Y . Ou mesmo, para um produtor. Na teoria de produção, Y é representado por (x,y) , x produz y , e x e y são quantidades. A regra não é explicitada. Mas, para nós, Y tem o significado indicado, em que as quantidades são irrelevantes a não ser em definir-se r .

Uma nova tecnologia implica na criação ou modificação de um insumo que não existia antes; ou então, na criação de um novo produto; ou ainda, na criação de novas regras. Seja (x',y',r') . Se (x',y',r') pertencer a Y , então, a tecnologia não é nova. Portanto, uma nova tecnologia implica em um novo Y . O novo Y incorpora o Y antigo. Não o descarta, portanto. Digamos que (x,y,r) pertença a Y . E (x,y, r') não é um elemento de Y . Então, (x,y,r') é uma nova tecnologia que amplia o Y antigo, por exemplo, uma mudança de espaçamento da lavoura de milho, sem a introdução de nenhum novo insumo.

Observe-se que não é mudança na quantidade de insumos ou produtos que gera uma nova tecnologia. Mas sim, um novo insumo, um novo produto ou uma nova regra.⁹ A nova regra pode, ademais, mudar a quantidade de x necessária para produzir y .

Cada produtor tem seu Y , no qual faz suas escolhas de tecnologias. Quanto mais atrasado for o agricultor mais restrito é o seu Y . É papel da difusão de tecnologia ampliar o Y de cada agricultor para lhe dar mais opções de escolha. Assim, uma tecnologia pode ser nova para um agricultor e conhecida de outros. Quando se fala de nova tecnologia, é necessário qualificar em que respeito, ou seja, em relação a qual Y . É importante salientar que num mercado competitivo, há uma convergência para um único Y , ou poucos Y 's. O mercado elimina os agricultores incompetentes e seus Y 's.

Em princípio, o agricultor é livre para escolher qualquer elemento de Y . Mas, o mercado e a legislação em vigor podem restringir, severamente, as escolhas possíveis, em Y . Se Y contiver um único elemento, passível de ser escolhido, não existe, obviamente, liberdade de escolha. É claro que sempre restará a escolha de deixar de produzir. Algo parecido com isso ocorre

⁹ Caso contrário, teríamos um número ilimitado de tecnologias, da dimensão dos números reais.

com aves e suínos, em que o pacote tecnológico é rigidamente definido, e a liberdade de escolha no Y relevante, praticamente, não existe. No caso, Y é imposto pelo contrato e o treinamento, e contém muito poucos elementos, ou apenas um único.

Escolhido um elemento de Y, sua primeira escolha, o agricultor terá que determinar que quantidades usar, que é sua segunda escolha. Ou seja, dentro do conjunto de regras, qual quantidade irá escolher. Se o agricultor pertencer a um mercado competitivo, que é o que impera na agricultura, ambas as escolhas são ditadas pelo mercado. Portanto, dentro de um mercado competitivo, a liberdade de escolha, em Y, é severamente restringida. Escolhas incorretas levam ao empobrecimento e à falência. O mercado não subtrai elementos de Y. Apenas torna subconjuntos de seus elementos irrelevantes à escolha do produtor. Se Y corresponde a suínos, o elemento de Y referente a porco tipo banha perdura. Apenas, este elemento tornou-se irrelevante para as escolhas que serão feitas atualmente.

Desconsiderando-se as possibilidades de empobrecimento e de falência, qualquer elemento do seu conjunto de produção pode ser escolhido pelo produtor. No entanto, o agricultor não quer ficar pobre e, menos ainda, falir. Assim, num mercado competitivo, o agricultor sofre dois tipos de constrangimentos: terá que escolher o Y correto, ou seja, abandonar aquilo a que estava acostumado e limitar o novo Y a subconjuntos que são compatíveis com sua sobrevivência econômica.

É o mercado que determina as escolhas passíveis de serem feitas? A resposta correta será sempre afirmativa. Ou seja, quem não fizer as escolhas corretas será eliminado. Quem sobrar estará praticando a melhor tecnologia. Mas isso não ocorre instantaneamente. O ajuste é penoso e demorado.

Se não houvesse inovações tecnológicas, num mundo de incertezas, fatalmente, os sobreviventes, por tentativa e erro, seriam os que fizeram as escolhas corretas. Mas isso é verdade no longo prazo. No curto prazo, há muito lugar para os incompetentes. Num mundo sem incerteza, todos acertariam, embora mais de uma tecnologia, (de um elemento de Y), poderia ser usada

Com inovações tecnológicas freqüentes, a eliminação dos incompetentes pode ser mais demorada, ou rápida, dependendo do tipo de inovação.

Em resumo, é o mercado que determina as tecnologias que prevalecem. Mas, em função de seu dinamismo, não fica claro o que está ocorrendo. Muitas tecnologias para produzir o mesmo produto sobrevivem, num dado momento. Mas quais as que sobreviverão, num prazo mais longo, é uma pergunta mais difícil de responder. Os economistas deveriam-se preocupar com esta questão, pelo que parece a consideram trivial.

Num mundo de incertezas e de um fluxo intenso de inovações tecnológicas, cabe à difusão encurtar o tempo de difusão e, ainda, tentar garantir igualdade de escolha para os agricultores, especialmente, para os mais pobres e de menor nível de instrução. Em síntese, ajudar o mercado a realizar o seu trabalho, no menor período de tempo possível, é o papel da difusão de tecnologia.

Como a difusão de tecnologia consome recursos, os serviços terão que ser pagos. Pelos agricultores, no caso extensão particular. Pelo poder público, no caso as “emateres”, o Senar etc. Note-se que os serviços oferecidos por firmas que vendem insumos ou pelas cooperativas são, mesmo que indiretamente, pagos pelos agricultores. As firmas embutem o custo dos serviços no preço, e quanto mais imperfeito for o mercado, mais bem-sucedidas são nesse aspecto.

Uma nova tecnologia pode determinar que as demais se tornem irrelevantes. Para isso ocorrer, é necessário que o custo de produção seja menor, quaisquer que sejam os preços de produtos e de insumos. Quando isso ocorre, a nova tecnologia domina as demais. Uma nova cultivar pode ter essa propriedade. Exigências de qualidade e uniformidade limitam severamente as opções de escolha. Exemplos: suínos e aves. Quando uma tecnologia domina as demais, quem não a adotar não sobreviverá. Nesse caso, é a tecnologia que escolhe o agricultor, e não vice-versa. A dominância de uma única tecnologia é mais rara. No geral, o mercado determina que algumas tecnologias sejam as dominantes. E, assim, alguma liberdade de escolha sempre existirá. Em termos de Y , o mercado determina que parte do mesmo deixe de ser uma opção de escolha.

Lembre-se de que a nova tecnologia amplia Y . Nenhum elemento de Y é eliminado. O mercado torna alguns elementos irrelevantes para escolha, dependendo da relação de preços de produtos e insumos, de normas e exigências de qualidade e homogeneidade.

Os agricultores são eliminados pela concorrência ou porque eles desistiram do negócio ou porque a remuneração não era adequada. Mas o processo demanda tempo. Enquanto em andamento, sobreviverão muitas tecnologias, em razão de determinantes culturais, limitações de crédito e de capital humano. Quem não acertar com as escolhas corretas irá empobrecer até o ponto em que se convença que é melhor abandonar as opções feitas ou, então, deixar a agricultura. Muito da modernização da nossa agricultura foi mais consequência da troca de agricultores do que da mudança do padrão de escolha dos produtores tradicionais. E a troca de agricultores, em parte, ocorreu entre gerações.

Num mercado competitivo quem não fizer as escolhas corretas irá quebrar ou empobrecer até aprender a escolher ou, então, desistir de ser produtor. Assim, o mercado determina as melhores opções tecnológicas e estas escolhem os agricultores, no sentido de indicar quem irá sobreviver ou não. Fatores intrínsecos aos agricultores, como educação, cosmopolitismo, cultura etc., medem a resistência à mudança. São, assim, importantes para se conhecer quem irá sobreviver. Mas somente a tecnologia, em conjunção com o mercado, determina se a difusão ocorrerá ou não. Cada agricultor é insignificante nesse respeito: adere à escolha correta ou soçobrará no mar revolto do empobrecimento e das falências.¹⁰

A difusão, por unidade de tempo, depende de fatores ligados ao mercado, ao indivíduo, ao meio ambiente e à comunidade. Mas dentro de uma hierarquia. Em primeiro lugar, a tecnologia tem que ser lucrativa, e essa lucratividade bastante resistente às variações de preços de insumos e produtos e das taxas de juros. Obedecida essa condição, passam a ter influência fatores que dizem respeito ao indivíduo, como educação, cosmopolitismo e idade, que dizem respeito à comunidade, como cultura, restrições legais, acesso ao crédito e infra-estrutura, e ao ambiente, como fertilidade dos solos, topografia, temperatura e latitude. É óbvio que o ambiente condiciona a geração de tecnologia. Mas a tecnologia varia a sua lucratividade à medida que variam os fatores ambientais.

10 Cada agricultor pode sobreviver por muitas temporadas, dependendo do nível de tolerância da família ao empobrecimento.

Sumariando a discussão sobre difusão de tecnologia, cabe ressaltar os seguintes aspectos:

1. Numa região, o sucesso da difusão de tecnologia, particular ou pública, é função dos números diferentes de Y que os agricultores usam para tomar decisão. Quanto menor o número de Y e mais elementos cada um deles contiver, mais eficiente é a extensão rural;
2. Os elementos de Y não se diferenciam por quantidades, mas por qualidades. O mercado, leis e regulamentos podem tornar uma grande parte de Y irrelevante para a decisão dos agricultores. Muitos Y podem ser eliminados. Também podem ser eliminados porque se tornaram obsoletos;
3. A premissa fundamental da extensão rural é que cada agricultor tem liberdade de escolha, no que respeita à tecnologia. Isso não é verdade para a classe de tecnologias que custam mais barato para um amplo espectro de preços relativos, como a tecnologia de sementes, ou, então, quando prevalece a integração vertical. O mais comum é o mercado determinar um pequeno número de alternativas lucrativas, e quem não as adotar pode falir ou empobrecer;
4. O papel da extensão é ampliar o Y de cada agricultor e reduzir o tempo necessário à adoção das novas tecnologias;
5. As tecnologias rentáveis, num razoável intervalo de preços relativos, são as passíveis de serem adotadas. Fatores como educação, cultura, indivisibilidades, crédito e imperfeições de mercado restringem o acesso de muitos agricultores às tecnologias mais eficientes. Não impede a difusão, apenas a retarda. Ou seja, não têm o poder de evitá-la. Quem se livrar das restrições vai ganhar mais dinheiro e por isso a distribuição de renda ficará mais desigual. Este efeito da tecnologia nada tem a ver com ela, enquanto elemento de Y , mas sim com o fato de que não se dá, efetivamente, igualdade de escolha aos agricultores.

Referências bibliográficas

- ALVES, E. *A função custo*. Brasília: Embrapa, 1995.
- _____. Tecnologia cristalizada e a produtividade total dos fatores, Embrapa, Brasília, 2004.
- ARROW, K. The production and distribution of knowledge. In: SILVERBERG; SOETE, L. (Ed.) *The Economics of Growth and Technical Change*. Croft Road, England: Edwards Elgar Publishing Limited, 1996. p.9-19.
- De JANVRY, A. A socioeconomic model of induced innovation for Argentina agricultural development. *Quarterly Journal of Economics*, v.87, p.410-35, 1973.
- DENISON, E. The Unimportance of the embodied question. *American Economic Review*, v.54, n.1, p.90-4, 1964.
- GASQUES, J. G., et al. Condicionantes da produtividade da agropecuária brasileira. *Revista de Política Agrícola*, ano XIII, n.3, p.73-90, jul./ago./ set. 2004.
- HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. *Agricultural Development: An International Perspective*. Baltimore and London: Johns Hopkins Press, 1971.
- JORGENSEN, D.; GRILICHES, Z. The explanation of productivity change. *Review of Economic Studies*, v.34, n.3, p.249-80, 1967.
- JORGENSEN, D. *Productivity: Postwar U.S. Economic Growth*. Cambridge: Massachusetts, 1995. v.1.
- _____. *Productivity: International Comparisons of Economic Growth*. Cambridge: Massachusetts, 1995. v.2.
- OLMSTEAD, A. L.; RHODE, P. Induced Innovation in American Agriculture: A Reconsideration. *Journal of Political Economy*, v.1, n.101, p.100-18, 1993.
- PASTORE, A. C. et al. Inovação induzida e os limites à modernização da agricultura brasileira. *Revista de Economia Rural*, ano XIV, tomo I, p.257-85, 1976.
- SILVERBERG; SOETE, L. (Ed.) *The Economics of Growth and Technical Change*. Croft Road, England: Edwards Elgar Publishing Limited, 1996.
- SCHULTZ, T. W. *Transforming Traditional Agriculture*. New Haven, Conn.: Yale University Press, 1964.

VICENTE, J. R. et al. Influência de capital humano, insumos modernos e recursos naturais na produtividade agrícola. In: HELFAND, S. M.; REZENDE, G. C. (Org.) *Região e espaço no desenvolvimento agrícola brasileiro*. Rio de Janeiro: Ipea, janeiro, 2003. p.265-95,

WALRAS, L. *Elements of Pure Economics*. London: George Allen & Unwin, 1954.